

## Locality or workplace surveillance method

Patent Number: DE19809210

Publication date: 1999-09-16

Inventor(s): KLEINSCHMIDT PETER (DE)

Applicant(s): SIEMENS AG (DE)

Requested Patent:  DE19809210

Application Number: DE19981009210 19980304

Priority Number(s): DE19981009210 19980304

IPC Classification: G01V8/10; G06K9/62; G08C23/00; F16P3/14; G01B11/00

EC Classification: G01V8/10, G08B13/194C

Equivalents:

---

### Abstract

---

A method of monitoring a locality or location e.g. in a motor vehicle or on a manufacturing line, in which the location is illuminated by a light source and photographed by a camera. On the basis of the photograph, information about the position of objects at the location is ascertained, and the photograph is compared with at least one reference image. The light source is specifically an infra-red (IR) light source, or more specifically a laser beam.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 198 09 210 A 1

(51) Int. Cl. 6:

G 01 V 8/10

G 06 K 9/62

G 08 C 23/00

F 16 P 3/14

// G01B 11/00

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(21) Aktenzeichen: 198 09 210.5

(22) Anmeldetag: 4. 3. 98

(43) Offenlegungstag: 16. 9. 99

DE 198 09 210 A 1

(72) Erfinder:

Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys., 81735 München,  
DE

(56) Entgegenhaltungen:

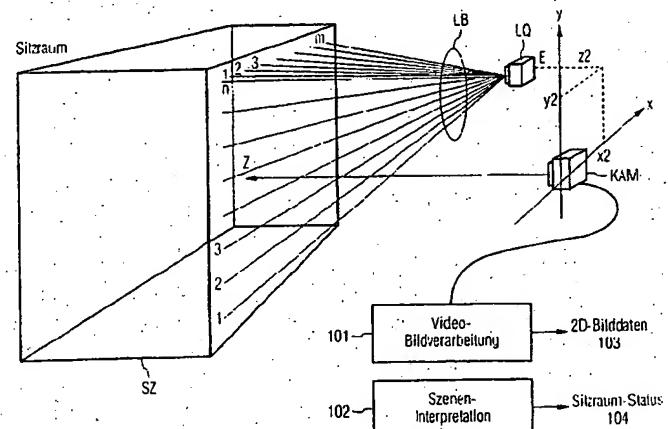
DE 196 01 661 C1  
DE 195 23 843 C1  
DE 44 22 497 C2  
DE 44 05 376 C1  
DE 38 41 387 C2  
DE 26 10 708 B2  
DE 195 34 415 A1  
DE 195 25 875 A1  
DE 195 24 693 A1  
DE 195 07 812 A1  
DE 42 24 750 A1  
DE 32 33 013 A1  
US 37 58 197  
WO 96 06 368

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung einer Szene

(57) Zur automatisierten Überwachung einer Szene, bspw. in einem Kfz oder einer Fertigungsstraße, wird mit einer Lichtquelle die Szene beleuchtet, von einer Kamera aufgenommen und diese Aufnahme mit einem Referenzbild derart verglichen, daß eine Abweichung zwischen Aufnahme und Referenzbild bestimmt, bewertet und eine vorgegebene Aktion ausgelöst wird, sobald die Abweichung oberhalb eines vorgegebenen Schwellwerts liegt.



198 09 210 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung einer vorgegebenen Szene.

Ein Triangulationsverfahren zur optischen Entfernungsmessung ist aus [1] bekannt.

Um eine Position eines Objektes, bspw. einer Person, innerhalb einer Szene, z. B. einem Bedienplatz für eine Maschine oder einer Führerkanzel zur Steuerung eines Fahrzeugs, zu bestimmen oder auch nur zu gewährleisten, daß das Objekt sich in etwa an einer "richtigen" Position aufhält, bei dem Bedienplatz z. B. in der Nähe des Not-Aus-Schalters, ist die jeweilige Szene zu überwachen.

Dies geschieht mittels allgemein bekannter Techniken, wie die Installation von Videokameras, die von Personen überwacht werden. Ferner werden in der Praxis hauptsächlich unspezifisch wirkende Sensoren eingesetzt, z. B. Bewegungsmelder oder Lichtschranken.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die jeweils die Überwachung einer Szene ermöglichen, wobei insbesondere geringe Anforderungen an eine Rechenleistung und eine in hohem Grade automatisierte Überwachung gewährleistet werden.

Die Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Zunächst wird ein Verfahren zur Überwachung einer Szene angegeben, bei dem die Szene mit einer Lichtquelle beleuchtet wird. Diese beleuchtete Szene wird mit einer Kamera aufgenommen. Anhand der aufgenommenen Szene werden Informationen über Positionen von in der Szene vorhandenen Objekten gewonnen und die Szene überwacht, indem die Aufnahme mit einem Referenzbild verglichen wird und bei einer Abweichung der Positionen der Objekte um mehr als einen vorgegebenen Schwellwert eine Aktion ausgelöst wird.

Es ist eine Weiterbildung der Erfindung, daß die Lichtquelle eine Infrarot-Lichtquelle oder ein Laserstrahl ist.

In einer anderen Weiterbildung wird durch die Lichtquelle ein Lichtbüschel erzeugt. Unter einem Lichtbüschel werden mehrere Lichtstrahlen verstanden, die anhand eines geeigneten Mittels aus der Lichtquelle hervorgehen. Ist die Lichtquelle ein Laserstrahl, so kann das Lichtbüschel durch Beugung des Laserstrahls an einem optischen Gitter erzeugt werden. Andere Möglichkeiten zur Erzeugung eines Lichtbüschels werden weiter unten beschrieben.

In einer anderen Weiterbildung wird die Information über die Position von dem in der Szene vorhandenen Objekt gewonnen, indem die Aufnahme mit mindestens einem Referenzbild verglichen wird. Dazu ist das Referenzbild auf geeignete Art abzuspeichern. Insbesondere wird die Aufnahme mit dem Referenzbild verglichen, indem eine Abweichung, dargestellt durch eine Menge von Vektoren, deren jeder eine Differenz zwischen der Aufnahme und dem Referenzbild bezogen auf einzelne Punkte, die anhand der Lichtquelle auf die Szene geworfen werden, kennzeichnet, mit Hilfe eines probabilistischen Verfahrens ausgewertet und somit die Szene überwacht wird. Das probabilistische Verfahren kann beispielsweise als ein neuronales Netz ausgeführt sein.

Vorzugsweise wird eine vorgegebene Szene mit einer Lichtquelle, aus der bevorzugt ein Lichtbüschel hervorgeht, beleuchtet. Die Art der Beleuchtung entspricht einer Markierung der Szene. Die Kamera nimmt die Szene einschließlich der Markierung auf und vergleicht diese Aufnahme mit einem in einem Speicher abgelegten Referenzbild. Alternativ kann ein Vergleich auch mit mehreren Referenzbildern

führt, indem die Menge der Vektoren, die einen Unterschied zwischen Referenzbild und Aufnahme kennzeichnen, mit Hilfe eines neuronalen Netzes oder einem anderen probabilistischen Verfahrens ausgewertet wird. Diese Auswertung

- 5 zwischen einem Punkt des Referenzbildes und einem Punkt der Aufnahme erfolgt durch eine Individualisierung der Lichtstrahlen mittels der Lichtquelle. Eine derartige Individualisierung kann beispielsweise durch zeitversetztes Ausstrahlen einzelner Lichtstrahlen des Lichtbüschels erfolgen.
- 10 Aus einer auf diese Art gewonnenen zeitlichen Reihenfolge der einzelnen Lichtstrahlen des Lichtbüschels kann die Zuordnung zu den entsprechenden Punkten des Referenzbildes erfolgen. Vorzugsweise wird das Referenzbild inklusive der Projektion der Lichtstrahlen des Lichtbüschels im Speicher abgelegt.

Eine andere Möglichkeit zur Individualisierung besteht darin, bei matrizenförmig angeordneten Laserdioden (Lichtbüschel) die Matrix so auszuführen, daß die Längsachse in Richtung des lateralen Kameralichtquellenversatzes weist.

- 20 Die Elemente der Matrix, also die Laserdioden werden zeitcodiert angesteuert. Die Aufnahme der Kamera wird derart aufbereitet, daß die Zeitcodierung erkennbar ist und damit die Lichtpunkte der Laserdioden zu den Punkten des Referenzbildes zugeordnet werden können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Form der von den Laserdioden emittierten Strahlen abhängig von der Anordnung der jeweiligen Laserdiode innerhalb der Matrix zu verändern, so daß auch die kameraseitig aufgenommene Form des Lichtstrahls (des Lichtbüschels) zur Rekonstruktion der Zuordnung zu den Punkten des Referenzbildes beiträgt.
- 25

Generell besteht die Möglichkeit, falls im Verlauf der Überwachung die Aufnahme von dem Referenzbild um mehr als einen vorgegebenen Wert abweicht, eine vorgegebene Aktion durchgeführt wird. Dies kann z. B. eine Alarmauslösung oder eine Notbremsung eines Fahrzeugs sein.

Nachfolgend wird auf Möglichkeiten zur Erzeugung des Lichtbüschels näher eingegangen.

Es ist eine Weiterbildung der Erfindung, das Lichtbüschel anhand der Lichtquelle, vorzugsweise einer Laserdiode, und

- 40 eines multiplen Strahlenteilers zu erzeugen. Der Strahlenteiler umfaßt einen ersten Spiegel, dessen reflektierende Fläche in Richtung der zu beleuchtenden Szene gerichtet ist und der näher an der Lichtquelle angeordnet ist als ein zweiter Spiegel, dessen reflektierende Fläche der reflektierenden Fläche des ersten Spiegels gegenüberliegt. Dabei sind der erste und der zweite Spiegel zueinander keilförmig angeordnet, wobei der zweite Spiegel eine geringere Reflexion als der erste Spiegel aufweist. Ein Lichtstrahl, der zuerst auf den zweiten Spiegel fällt, wird von diesem zum Teil in Richtung der zu beleuchtenden Szene durchgelassen und zum Teil zum ersten Spiegel reflektiert, von wo aus er wiederum zum zweiten Spiegel reflektiert wird. Eine detaillierte Beschreibung des multiplen Strahlenteilers befindet sich in der Figurenbeschreibung.
- 45

55 Vorzugsweise weist der zweite Spiegel eine Reflexion kleiner 100% auf. Insbesondere weist der erste Spiegel eine vollständige Reflexion auf.

Es ist eine Weiterbildung der Erfindung, daß das Lichtbüschel anhand eines 2-dimensionalen Beugungsgitters erzeugt wird. Vorzugsweise ist das Beugungsgitter derart ausgelegt, daß jeder einzelne Lichtstrahl des Lichtbüschels nahezu gleiche Helligkeit aufweist.

60 Weiterhin sind Ablenkvorrichtungen vorstellbar, die mindestens einen Lichtstrahl, vorzugsweise einen Laserstrahl, ablenken und somit die vorgegebene Szene ein- oder zweidimensional beleuchten.

Eine Anwendung des Verfahrens besteht darin, daß die

Bedienperson in dem Bedienraum überwacht wird.

Eine andere Anwendung des Verfahrens besteht darin, daß die Szene ein Fahrersitz eines Fahrzeugs ist.

Auch ist es eine Anwendung der Erfindung, daß die Szene ein Bedienplatz in einer Fertigungsanlage ist.

Ferner wird eine Vorrichtung zur Überwachung einer Szene angegeben, die eine Lichtquelle aufweist, die die Szene beleuchtet. Die Vorrichtung umfaßt eine Kamera, die die von der Lichtquelle beleuchtete Szene aufnimmt. Die Vorrichtung verfügt weiterhin über einen Aktor, der anzeigt, daß mindestens ein Objekt der Szene sich außerhalb vorgegebener Parameter befindet, sobald ein Vergleich der Aufnahme mit einem Referenzbild eine Abweichung oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes ergibt. Dieser Aktor kann auf unterschiedliche Art ausgeführt sein. So ist als Aktor ein Rechner vorstellbar, der eine vorgegebene Aktion durchführt, falls ein Objekt sich außerhalb vorgegebener Parameter befindet.

Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Vorrichtung ist insbesondere geeignet zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

Anhand der folgenden Figuren werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher dargestellt.

Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung zur Überwachung einer vorgegebenen Szene mit einer Lichtquelle, die ein Lichtbüschel emittiert und einer Kamera, die die Szene aufnimmt;

**Fig. 2** einen multiplen Strahlenteiler, der aus einem Lichtstrahl ein Lichtbüschel erzeugt;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung zur Sitzplatzüberwachung, bei der abhängig von der Sitzposition einer Person unterschiedliche Überwachungsdaten gewonnen werden, die zu unterschiedlichen Aktionen führen können;

**Fig. 4** eine Skizze, die eine Erzeugung eines Lichtbüschels aus einem Laserstrahl mittels eines Reflexions-Hologramms darstellt;

**Fig. 5** eine Abbildung, die Verzerrungs-Vektoren als Differenz zwischen einem Referenzbild und einer Aufnahme der Kamera darstellt;

**Fig. 6** eine Skizze, die eine Erzeugung eines Lichtbüschels aus mehreren Lichtquellen, vorzugsweise Laserdioden, darstellt, wobei das Reflexionshologramm und/oder die Laserdioden beweglich gelagert sind.

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung zur Überwachung einer vorgegebenen Szene mit einer Lichtquelle, die ein Lichtbüschel emittiert und einer Kamera, die die Szene aufnimmt.

Die vorgegebene Szene SZ, beispielsweise ein Sitzraum, wird von einer Lichtquelle LQ, die sich an einem Punkt E (mit den Koordinaten x2, y2 und z2) befindet und Lichtstrahlen in Form eines Lichtbüschels LB emittiert, beleuchtet. Eine im Koordinatenursprung (x1=0, y1=0 und z1=0) liegende Kamera KAM nimmt die Szene SZ auf. Die Kamera KAM liefert einen kontinuierlichen Bilderstrom, aus dem in einer Videobildverarbeitung 101 zweidimensionale Bilddaten 103 gewonnen werden. Nach der Videobildverarbeitung 101 erfolgt eine Szeneninterpretation 102, die einen Sitzraumstatus 104, also das Ergebnis der automatischen Sitzraumüberwachung, anzeigt. Vorzugsweise werden die Videobildverarbeitung 101 und die Szeneninterpretation 102 auf einem Rechner durchgeführt. Abhängig vom Sitzraumstatus 104 wird eine vorgegebene Aktion ausgeführt.

Das Lichtbüschel LB bildet für jeden Lichtstrahl des Lichtbüschels einen Lichtpunkt auf die Szene SZ ab. Die

Szene SZ auf und anhand der Videobildverarbeitung 101 wird ein Unterschied zu einem Referenzbild bestimmt. Die Art, auf die dieser Unterschied zu interpretieren ist, wird anhand eines probabilistischen Verfahrens trainiert und ausgewertet. Insbesondere findet dies in der Szeneninterpretation 102 statt. Damit kann automatisch anhand der Szeneninterpretation 102 eine Veränderung von Objekten in der vorgegebenen Szene SZ außerhalb vorgegebener Parameter angezeigt werden bzw. Maßnahmen ergriffen werden, deren jeweilige Wirkung auf die Position des jeweiligen Objekts abgestellt ist.

**Fig. 2** zeigt einen multiplen Strahlenteiler, der aus einem Lichtstrahl LS ein Lichtbüschel LB (siehe auch **Fig. 1**) erzeugt. Die Lichtquelle LQ, vorzugsweise eine Einrichtung zur Erzeugung eines Laserstrahls, emittiert einen Lichtstrahl LS, der auf einen zweiten Spiegel SP2 fällt. Der zweite Spiegel SP2 verfügt vorzugsweise über einen Reflexionsfaktor von 90%, der Lichtstrahl LS wird also am Punkt 201 zu 90% reflektiert und zu 10% durchgelassen. In einem Punkt 202 wird der Lichtstrahl LS mit nurmehr 90%-iger Intensität an einem ersten Spiegel SP1, der eine vollständige Reflexion sicherstellt, zu 100% reflektiert, also erreichen 90% der Intensität des Lichtstrahls LS den Punkt 203, an dem 9% der Intensität in Richtung der zu beleuchtenden Szene durchgelassen und 81% in Richtung ersten Spiegel SP1 reflektiert werden. In einem Punkt 204 werden 100% der verbleibenden 81% der Intensität des Lichtstrahls LS reflektiert, es kommen demnach 81% an einem Punkt 205 an. An dem Punkt 205 werden 8,1% der Intensität des Lichtstrahls LS in Richtung zu beleuchtender Szene durchgelassen, 72,9% werden reflektiert.

Durch Fortsetzung der Reflexionen in weiteren Punkten ergibt sich eine Aufweitung des Lichtstrahls LS zu einem Lichtbüschel, das an den Punkten 201, 203 und 205 den multiplen Strahlenteiler in Richtung zu beleuchtende Szene verläßt. In **Fig. 2** ist vereinfachend ein System ohne Verluste beschrieben, um das Prinzip des multiplen Strahlenteilers zu veranschaulichen.

Weiterhin gelten die Gesetze der Optik, so daß beispielsweise bei Reflexion an einem Spiegel ein Einfallswinkel gleich einem Ausfallwinkel ist. Der erste Spiegel SP1 und der zweite Spiegel SP2 sind zueinander keilförmig angeordnet. Durch die Form des Keils ergibt sich die Art der Aufspaltung des Lichtstrahls LS zu dem Lichtbüschel. Die Reflexionsfaktoren für den ersten Spiegel SP1 und für den zweiten Spiegel SP2 können in gewissen Bereichen variieren, um einer an eine Anordnung gestellten Anforderung für die jeweilige Anwendung zu entsprechen.

**Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung zur Sitzraumüberwachung, bei der abhängig von der Sitzposition einer Person unterschiedliche Überwachungsdaten gewonnen werden, die zu unterschiedlichen Aktionen führen.

Die vorgegebene Szene SZ ist in **Fig. 3** ein Sitzraum. Mit mindestens einer Lichtquelle LQ wird anhand des in **Fig. 2** beschriebenen multiplen Strahlenteilers ST mindestens ein Lichtbüschel LB erzeugt, welches Lichtbüschel die vorgegebene Szene SZ beleuchtet. Mit der Kamera KAM werden von der vorgegebenen Szene Aufnahmen gemacht. Sitzt keine Person auf einem Stuhl 304, so erhält man eine Referenzaufnahme REF der Szene. Befindet sich eine Person in einer Position 301, so entsteht eine Aufnahme A1; in einer Position 302 entsteht eine Aufnahme A2 und in einer Position 303 entsteht eine Aufnahme A3. Abhängig von der Position der Person wird von der Kamera der jeweilige projizierte Lichtpunkt des Lichtbüschels LB an unterschiedlichen Positionen 305, 306, 307 und 308 aufgenommen. Durch einen Vergleich mit dem Referenzbild REF ergibt sich ein Unterschied der anhand des Rechners R unter Re-

nutzung eines probabilistischen Verfahrens, vorzugsweise eines neuronalen Netzes, ausgewertet wird. Demnach wird der Sitzraum überwacht, indem die Kamera KAM Aufnahmen A1, A2 und A3 von den projizierten Lichtstrahlen (des Lichtbüschels LB) macht und die Abweichungen dieser Aufnahmen vom Referenzbild REF zu verschiedenen Aktionen, bestimmt durch Trainingsdaten des neuronalen Netzes, führen. Auf dem Rechner R wird vorzugsweise eine zweidimensionale Bildverarbeitung mit anschließender Klassifikation anhand des neuronalen Netzes durchgeführt. Weicht die Position der Person um eine vorgegebene Schwelle von dem Referenzbild REF ab, so kann eine vorgegebene Aktion ausgeführt werden bzw. eine Anpassung an diese Position erfolgen.

Fig. 4 zeigt eine Skizze, die eine Erzeugung eines Lichtbüschels LB aus einem Laserstrahl mittels eines Reflexions-Hologramms RH darstellt. Eine Möglichkeit zur Erzeugung des Lichtbüschels LB besteht darin, anhand einer Lichtquelle LQ, vorzugsweise einer Laserdiode, das Lichtbüschel LB mittels eines Reflexions-Hologramms RH zu erzeugen. Die Ausprägung des Lichtmusters LM wird auf einem Schirm sichtbar. Reflexions-Hologramme RH können unter Berücksichtigung gleichmäßiger Helligkeitsverteilung der einzelnen Strahlen des Lichtbüschels LB hergestellt werden. Man erhält somit ein Lichtbüschel LB, das eine vorgegebene Feinheit und eine vorgegebene Helligkeitsverteilung aufweist.

In Fig. 5 ist eine Abbildung dargestellt, die Verzerrungs-Vektoren VV als Differenz zwischen einem Referenzbild und einer Aufnahme der Kamera darstellt. Verzerrungs-Vektoren VV repräsentieren die parallaxe Verschiebung zwischen den Lichtpunkten des Referenzbildes gegenüber den Lichtpunkten der Aufnahme, die vorzugsweise bei Anwesenheit von Objekten in der vorgegebenen Szene erstellt wird. Die Verzerrungs-Vektoren VV stellen Eingangsdaten für das neuronale Netz dar, welches neuronale Netz auf unterschiedliche Positionen von Objekten in der vorgegebenen Szene trainiert wird. Für das Training des neuronalen Netzes wird eine ausreichende Anzahl typischer und aussagerelevanter Belegungen der vorgebbaren Szene definiert und für jede Definition eine Vielzahl von Fällen trainiert. Die Ausgabe des neuronalen Netzes wird einer dieser Definitionen zugeordnet.

Fig. 6 zeigt eine Skizze, die eine Erzeugung eines Lichtbüschels aus mehreren Lichtquellen, vorzugsweise Laserdioden, darstellt, wobei das Reflexions-Hologramm und/oder die Laserdioden beweglich gelagert sind.

Mehrere Lichtquellen LQ1, LQ2 und LQ3, vorzugsweise Laserdioden, beleuchten ein Reflexions-Hologramm RH, das in einer horizontalen und in einer vertikalen Achse beweglich gelagert ist. Das Lichtmuster LM zeigt, wie anhand der Bewegung des Reflexions-Hologramms das Lichtbüschel vergrößert wird. Jede Lichtquelle LQ erzeugt ein Lichtbüschel von  $5 \times 3$  Strahlen (vertikal  $\times$  horizontal). Ohne Bewegung des Reflexions-Hologramms ergibt sich demnach eine Lichtbüschelzeile aus  $15 \times 3$  Lichtstrahlen. Bewegt man das Reflexions-Hologramm um eine Achse, so ergibt sich bei Schwenkung um einen vorgegebenen Winkel eine entsprechend dieses Winkels verschobene Zeile aus Lichtstrahlen des Lichtbüschels. Codiert man das Schwenken des Reflexions-Hologramms zeitlich, so kann im Zeitmultiplex eine große Fläche mit Lichtstrahlen des Lichtbüschels abgedeckt werden.

#### Literaturverzeichnis

noc.html 24.02.1998.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Szene,
  - a) bei dem die Szene mit einer Lichtquelle beleuchtet wird,
  - b) bei dem die beleuchtete Szene mit einer Kamera aufgenommen wird,
  - c) bei dem anhand der Aufnahme Informationen über Positionen von in der Szene vorhandenen Objekten ermittelt werden, indem die Aufnahme mit mindestens einem Referenzbild verglichen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Lichtquelle eine infrarote Lichtquelle ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Lichtquelle ein Laserstrahl ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem durch die Lichtquelle ein Lichtbüschel erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Aufnahme mit dem Referenzbild verglichen wird, indem eine Abweichung, dargestellt durch eine Menge von Abweichungspfeilen zwischen der Aufnahme und dem Referenzbild bezogen auf Punkte, die anhand der Lichtquelle auf die Szene geworfen werden, mit Hilfe eines probabilistischen Verfahrens, insbesondere eines neuronalen Netzes, ausgewertet und somit die Szene überwacht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem das Lichtbüschel anhand der Lichtquelle und eines multiplen Strahlenteilers erzeugt wird, wobei der Strahlenteiler einen ersten Spiegel, dessen reflektierende Fläche in Richtung der zu beleuchtenden Szene gerichtet ist und der näher an der Lichtquelle angeordnet als ein zweiter Spiegel, dessen reflektierende Fläche der reflektierenden Fläche des ersten Spiegels gegenüberliegt, umfaßt, wobei der erste Spiegel und der zweite Spiegel zueinander keilförmig angeordnet sind, der zweite Spiegel eine geringere Reflexion als der erste Spiegel aufweist und ein Lichtstrahl der Lichtquelle zuerst schräg auf den zweiten Spiegel fällt, von diesem zum Teil in Richtung zu beleuchtende Szene durchgelassen und zum Teil zum ersten Spiegel reflektiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der zweite Spiegel eine Reflexion kleiner 100% aufweist.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem der erste Spiegel eine vollständige Reflexion aufweist.
9. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem das Lichtbüschel anhand eines zweidimensionalen Beugungsgitters erzeugt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem das Beugungsgitter derart ausgelegt ist, daß das Lichtbüschel an allen Stellen nahezu gleiche Helligkeit hat.
11. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem das Lichtbüschel anhand mindestens eines im zeitmultiplex gebogtenen Lichtstrahls der Lichtquelle erzeugt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Szene einen Bedienraum darstellt und mindestens eine Bedienperson überwacht wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Szene ein Fahrersitz eines Fahrzeugs ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Szene ein Bedienplatz in einer Fertigung ist.
15. Vorrichtung zur Überwachung einer Szene
  - a) mit einer Lichtquelle, die die Szene beleuchtet

- b) mit einer Kamera, die die von der Lichtquelle beleuchtete Szene aufnimmt,  
c) mit einem Aktor, der anzeigt, daß mindestens ein Objekt der Szene sich außerhalb vorgegebener Parameter befindet, indem die Aufnahme mit mindestens einem Referenzbild verglichen wird.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, bei der die Lichtquelle eine infrarote Lichtquelle ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, bei der die Lichtquelle eine Einrichtung zur Erzeugung eines Laserstrahls ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei der das Lichtbüschel anhand der Lichtquelle und eines multiplen Strahlenteilers erzeugt wird, wobei der Strahlenteiler einen ersten Spiegel, dessen reflektierende Fläche in Richtung der zu beleuchtenden Szene gerichtet ist und der näher an der Lichtquelle angeordnet als ein zweiter Spiegel, dessen reflektierende Fläche der reflektierenden Fläche des ersten Spiegels gegenüberliegt, umfaßt, wobei der erste Spiegel und der zweite Spiegel zueinander keilförmig angeordnet sind, der zweite Spiegel eine geringere Reflexion als der erste Spiegel aufweist und ein Lichtstrahl der Lichtquelle zuerst schräg auf den zweiten Spiegel fällt, von diesem zum Teil in Richtung zu beleuchtende Szene durchgelassen und zum Teil zum ersten Spiegel reflektiert wird.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, bei der der zweite Spiegel eine Reflexion kleiner 100% aufweist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, bei der der erste Spiegel eine vollständige Reflexion aufweist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei der das Lichtbüschel anhand eines zweidimensionalen Beugungsgitters erzeugt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, bei der das Beugungsgitter derart ausgelegt ist, daß das Lichtbüschel an allen Stellen nahezu gleiche Helligkeit hat.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, bei der das Lichtbüschel anhand mindestens eines im zeitmultiplex gebeugten Lichtstrahls der Lichtquelle erzeugt wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

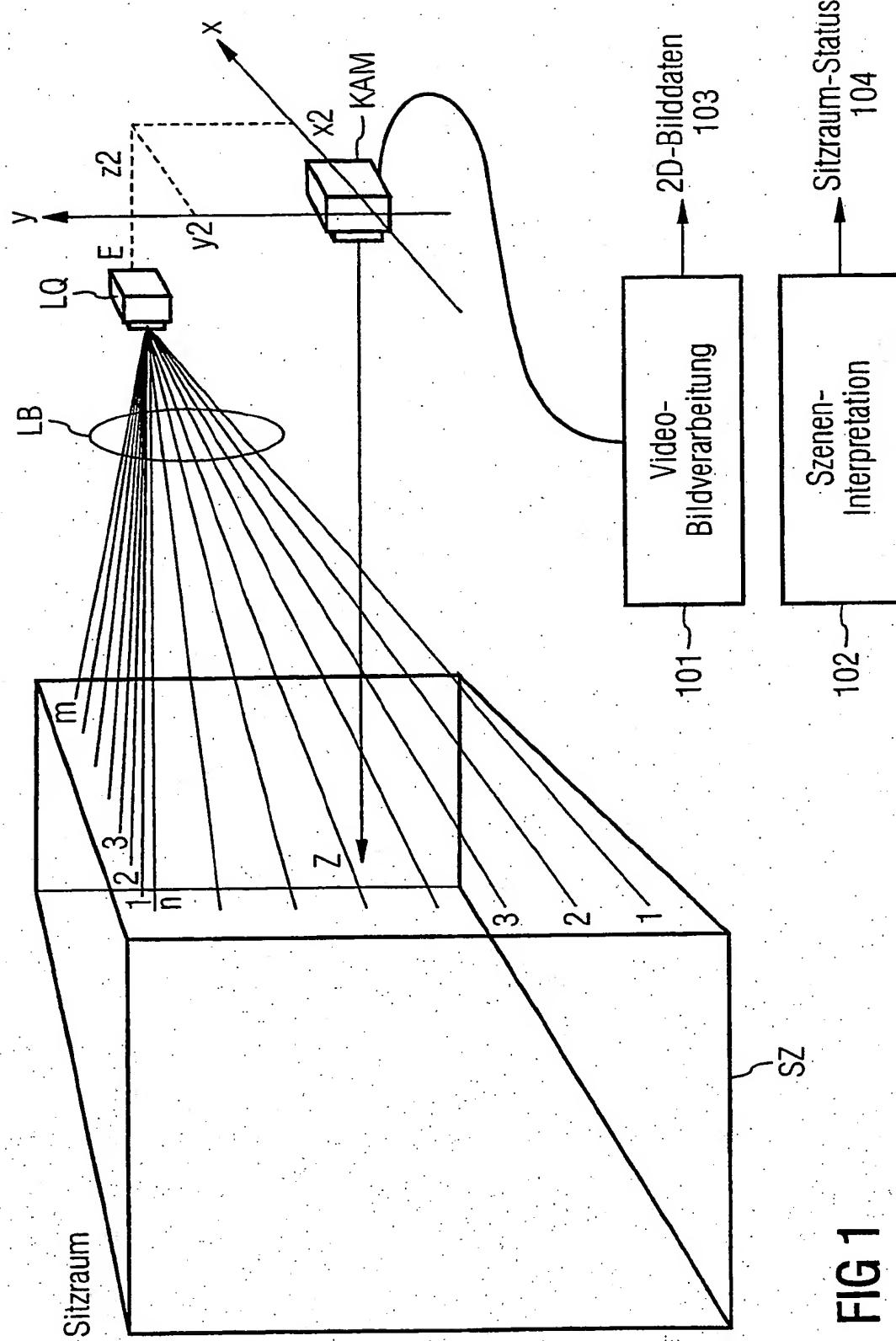
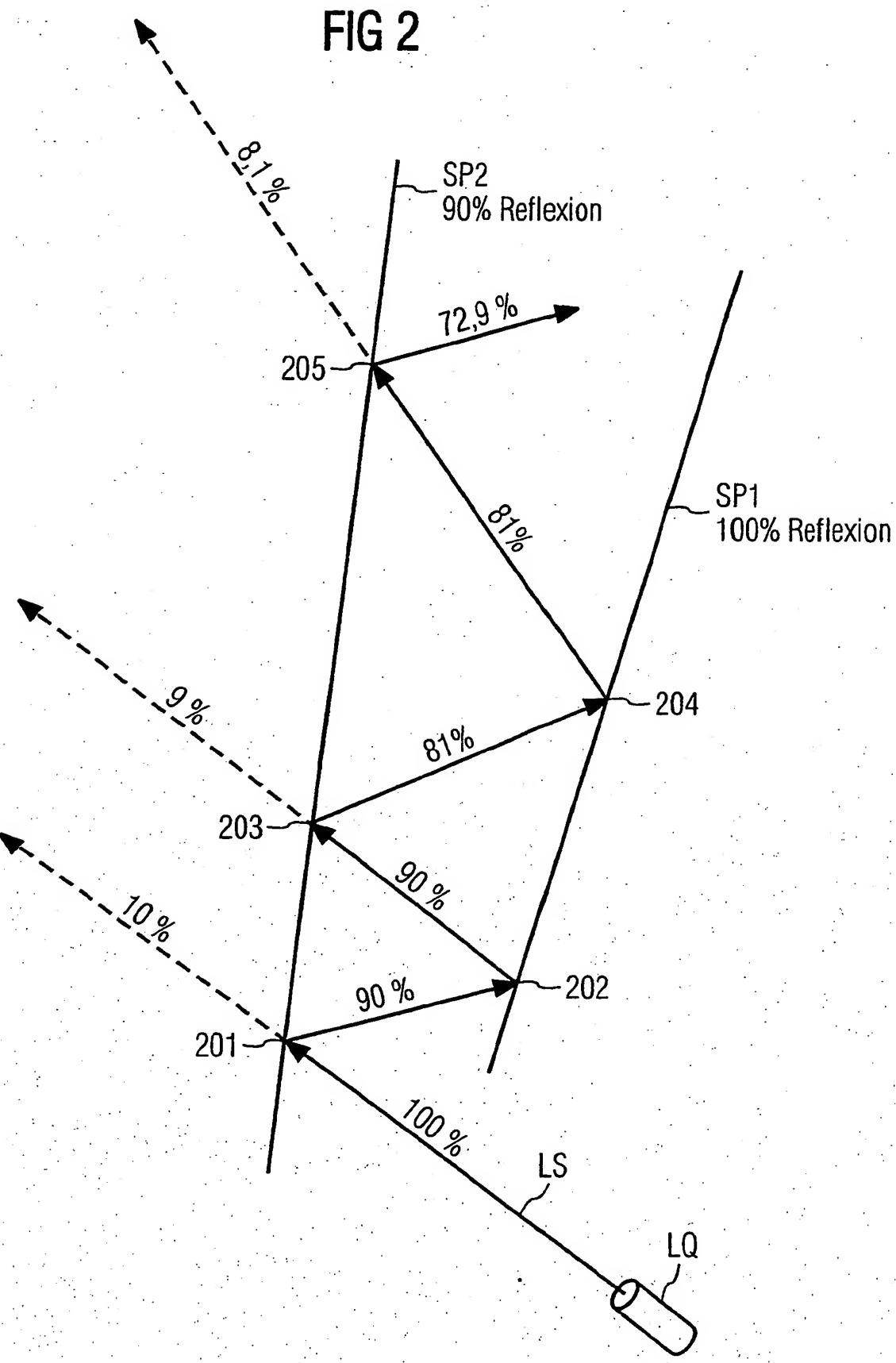


FIG 1

FIG 2



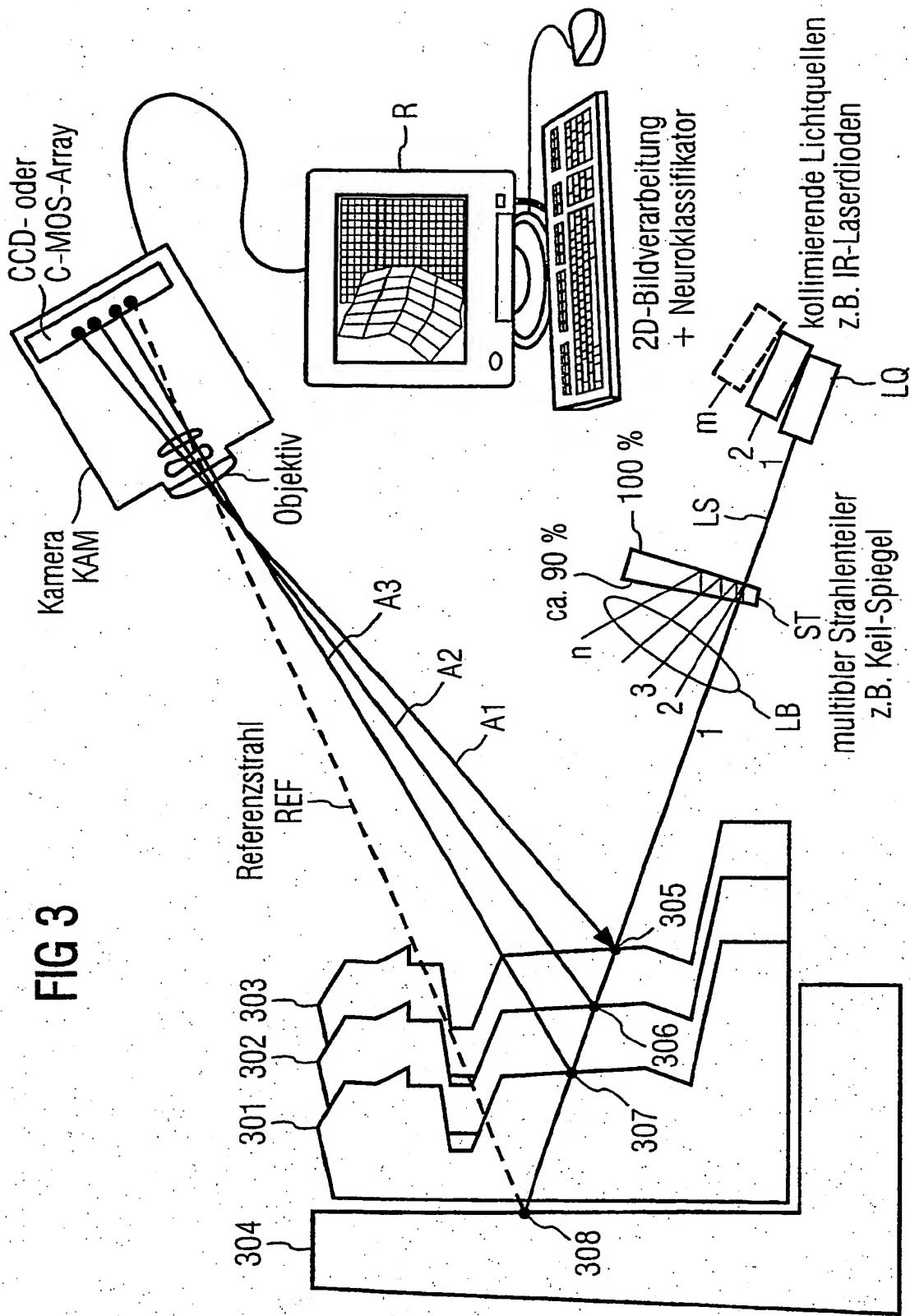
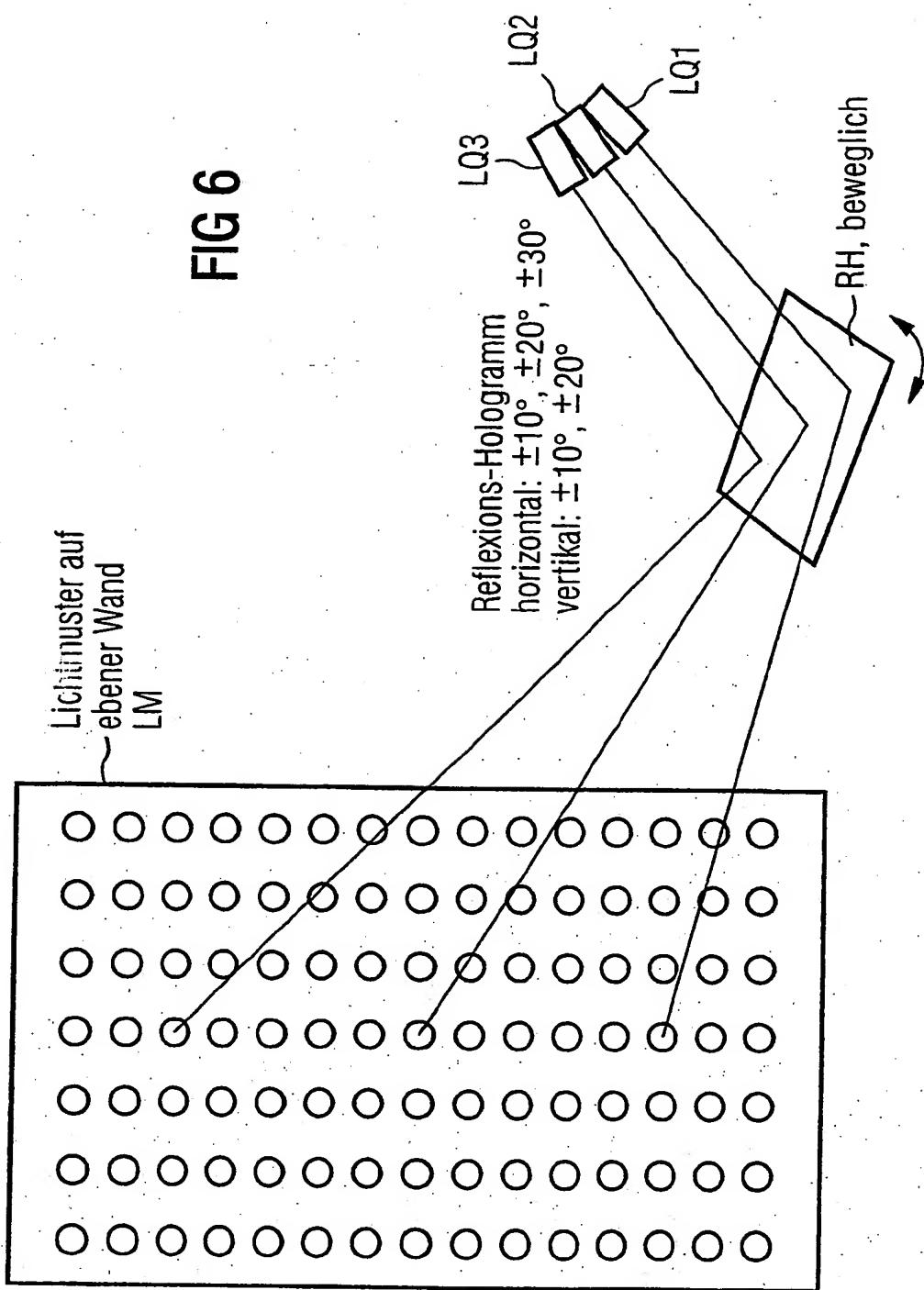


FIG 6



# New Options in Using Infrared for Detection, Assessment and Surveillance

Dr. Melvin C. Maki

and

Michael C. Dickie

Senstar Corporation

P.O. Box 13430

Kanata, Ontario, Canada

The use of infrared illumination in outdoor security has increased in recent years. The motivation for this has come from the growing need to reduce light pollution and costs, and with advances in technology. An earlier Carnahan paper reviewed some new alternatives based on emerging solid-state LED illuminators and illustrated their effectiveness when combined with video intrusion detection sensors such as DAVID 300. Since that time, work has continued in the direction of simplifying the IR technology and enhancing both its performance and cost effectiveness for security applications. This includes systems for integrated, long-range and uniform coverage necessary for practical assessment. These key advances are demonstrated in the new StarLED™ and StarCAM™ products.

StarLED as an IR illuminator is unique in providing a number of new functions. Firstly, it provides an illumination pattern that is uniform over a prescribed area, with built-in compensation for the normal fall-off that occurs with distance from the source. Secondly, illuminators with different light patterns have been developed to match different camera and scene requirements, such as field of view. Finally, the illuminator has been optimized to provide an extended range of coverage for practical assessment or for detection applications.

The other new development, StarCAM provides the same illumination pattern features as StarLED with the added feature of a camera integrated within the illuminator. This integrated approach reduces component costs and the number of obtrusive structures, as well as removing the designer's task of having to match the individual system components of low-light cameras, lens, housings and illumination patterns. It also simplifies the installer's tasks by removing the need for multiple wiring, separate mounts for the illuminator, and the alignment of the camera with the illuminator. The range of application

of this technology for both fixed and rapid deployment has increased with these simplifications of design, installation and use.

This paper reviews the major design considerations that are taken into account when using infrared technology for surveillance, assessment, and detection in light of these advances. A video taken both with a separate IR sensitive camera and StarLED illumination, and with a StarCAM provides an illustration of the performance of these components. It also illustrates the illumination improvements compared to earlier systems, and displays the major design trade-offs in site illumination and detection requirements.

## INFRARED FOR SECURITY - BACKGROUND

As light pollution increases the growing needs for providing CCTV assessment as part of perimeter security dictate new solutions. Similarly, covert surveillance requirements demand that there be no visible signs of lighting or cameras. The use of passive technology such as thermal imagers is becoming more common, but these are still costly, and it is difficult to relate the low-resolution thermally-based image to data available from conventional daylight video. Solid-state infrared (IR) lighting meets these needs cost-effectively by providing a scene illumination that can be totally invisible to the human eye, but produce electronic charges in the CCD imagers of readily available conventional CCTV cameras. Papers presented earlier at Carnahan<sup>[1]</sup> and ADPA<sup>[2]</sup> introduced a new product, the Videopost, as a one hardware package solution for these requirements. The Videopost included a solid-state LED illuminator and CCD camera in an aesthetic column or post format that could be installed in perimeter or area assessment applications.

Since that time the technology has been enhanced to provide a more compact and cost-effective solution, a solution that is more flexible to variations in scene and lighting requirements and site characteristics. This has resulted in a family of StarLED™ IR illuminators, and an integrated camera/illuminator combination called the StarCAM™.

This technology is the subject of this paper.

### IR CHARACTERISTICS

In this application IR refers to the near IR region of the electromagnetic spectrum, (see Figure 1<sup>[3]</sup>) with somewhat longer wavelengths beyond the visible spectrum, from approximately 750 to 1150 nm. The response of the human eye to this spectrum can be illustrated as follows - at 750 nm the illumination is slightly visible, at 880 nm it is possible to see a faint glow from an IR LED at night or in a dark room when looking directly at it, and at 950 nm the illumination is not visually evident in any sense. The response characteristics of cameras for use with IR must of course be much different than those of the human eye to capture this reflected light and provide an image. This will be discussed in more detail later.

reflectance at IR. This can be a considerable illumination bonus since it means less wattage for performing its function compared to using visible artificial light. Some synthetic fabric materials have different reflectivity under IR light, making their actual colour more difficult to predict. However, for most surveillance or assessment needs this effect is of little or no concern, and is compensated by the improved illumination performance to cost ratio.

IR illumination was first developed based on existing filament visible light bulbs. These bulbs generally provide a very wide spectrum of wavelengths, therefore an IR transmitting filter is used to restrict the output to the desired IR region. Unfortunately, this is a considerable and costly waste of energy since the extra power either above or below the desired IR range is dissipated as heat, and only contributes to thermal degradation of the filter or reflectors. The short lamp life of filament type bulbs is also a distinct disadvantage. More recently, halogen bulbs have been developed with an improved but still wasteful level of efficiency. These bulbs still have a wide spectrum response and require a filter and sometimes fan cooling.

### SOLID-STATE LED ILLUMINATORS

A new technology approach to illuminators has now been developed using solid-state light-emitting diodes (LED's). Individual LED's produce a small output, but in one hundred element planar arrays the output adds up linearly to provide a significant level of illumination. Applications for this technology range from display board arrays used in visible signage, to single units used for invisible IR remote controls. IR spectral response and longevity are important factors when considering LED's as illuminators. Figure 2<sup>[3]</sup> shows the typical response of Gallium Arsonic (GaAs) LED's used in solid-state illuminators for invisible CCTV lighting. Compared to the other lighting sources these are very narrow band in frequency with a high efficiency of energy conversion, (50% electrical to optical conversion), and provide virtually no spillage outside of the IR band, without use of filters. Unlike filament bulbs that deteriorate in illumination power output as they degrade, typically requiring replacement after 2000 to 4000 hours, LED's as a solid-state device have a service life in excess of 10

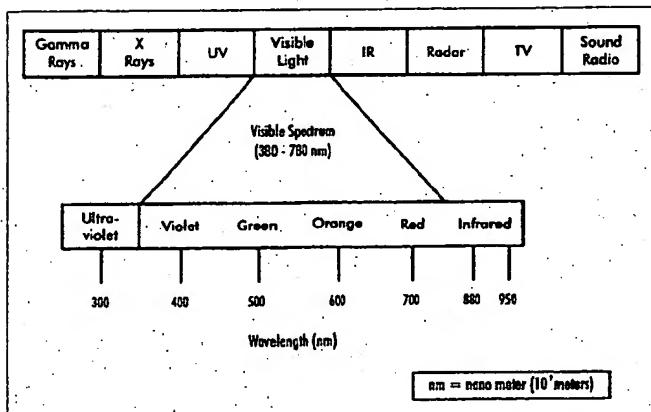


Figure 1 - IR and the Electromagnetic Spectrum

Since IR is just beyond the red end of the visible spectrum it provides somewhat different reflective response, and hence gray scale rendition for a scene than with a standard black and white camera and visible lighting. IR provides much greater reflectivity of many natural materials than visible light, for example grass appears to be almost white in a scene illuminated by IR lighting. Similarly, snow cover has much greater

years. This provides a considerable cost advantage over the life of the installation in terms of operating power cost, bulb and filter replacement cost and associated maintenance labour. They also have safety benefits<sup>[4]</sup>.

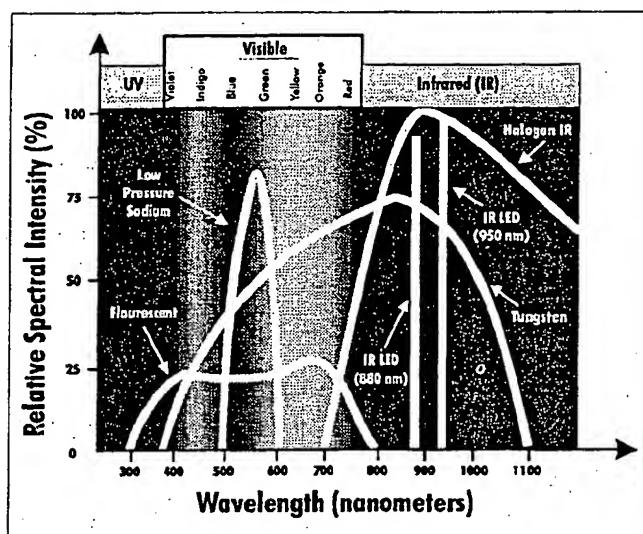


Figure 2 - Spectral Response for Common Illuminators

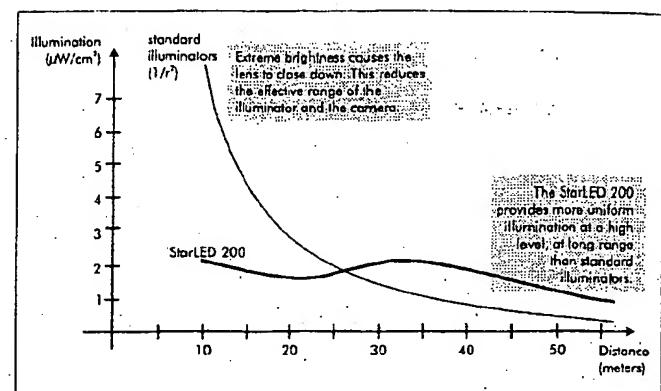


Figure 3 - Illumination fall-off comparison

The StarLED 200, (see Figure 4), includes flood, spot, and totally invisible versions to satisfy different applications. The 200 series includes more output LED's to provide extra range when compared with the earlier 100 model. The StarLED 200 also allows direct input line powering from 110 or 220VAC. Only 65 watts of power is required compared to several hundreds of watts for typical filament illuminators in the same range. This compact package weighs less than 3.6 kg (8 pounds).

#### NEW PRODUCT FAMILY - STARLED

A new family of products has been developed based on GaAs LED technology with some further improvements.

One of the unique features of these illuminators is the built-in compensation for the  $1/r^2$  fall-off of illumination with range<sup>[5]</sup>. This is accomplished by a special array of lenses combined with LED aiming and placement to provide less than a 3:1 variation of illumination over the specified field of view (FOV). Figure 3 shows an example of the typical fall-off of a standard illuminator compared to StarLED with its compensation techniques. The built-in compensation provides the illuminator with a much longer range than simple array LED illuminators. The power that, with a conventional illuminator normally results in a bright spot in the foreground is proportionately re-aimed to the far-field to produce a range increase and uniform illumination. The bright spot may also cause the associated camera auto-iris to close making other areas darker thereby losing the ability to discriminate detail in the background.

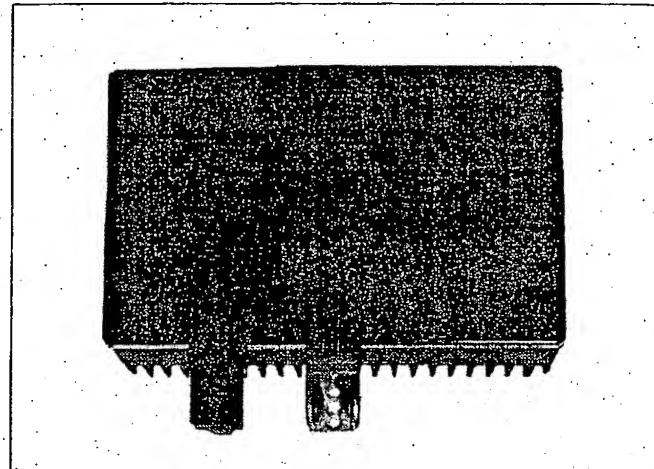


Figure 4 - StarLED 200

The illumination footprints for the StarLED 200 illuminators, are shown in Figures 5 through 7. The footprint patterns depend on the illuminator mounting height, (nominally 4 m), and aim point, and vary in the vertical. At the aim point the target to be illuminated is typically one meter tall. Figure 5 illustrates the spot version horizontal footprint for an aim point of 85 meters, a shape and light uniformity that corresponds well with an ideal footprint for the selected 25 degree beam width.

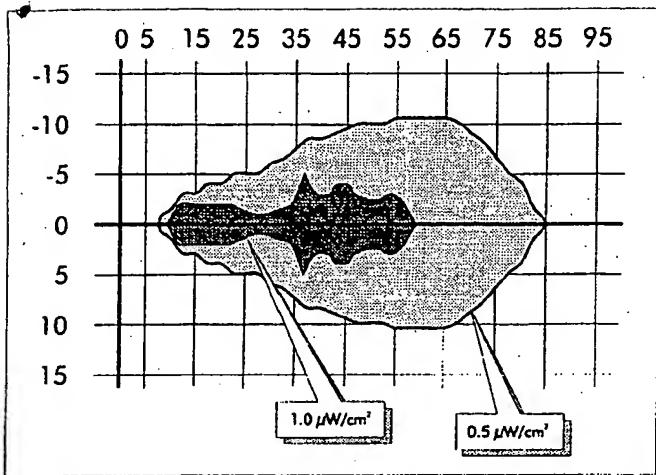


Figure 5 - Illumination footprint for StarLED 200 (spot)  
aim point 85 m from illuminator

Figure 6 shows the equivalent footprint for the *flood* version with an aim point at 75 m. In this version the horizontal angle is doubled to 50 degrees.

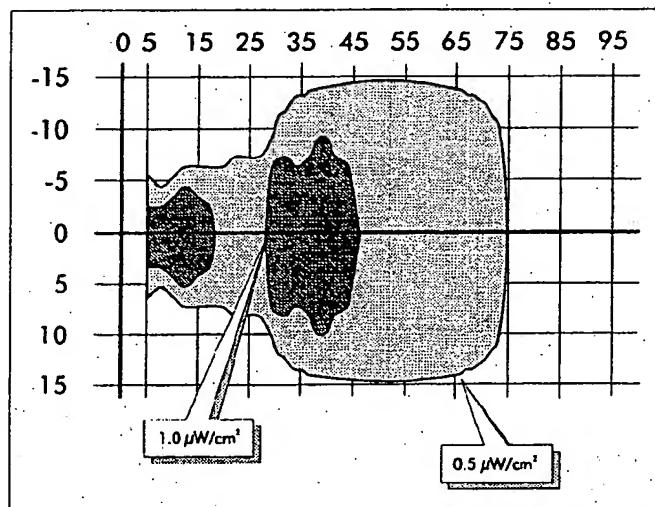


Figure 6 - Illumination footprint for StarLED 200 (flood)  
aim point 75 m from illuminator

Finally, Figure 7 shows the footprint for the *invisible* 950 nm version (unit LEDs cannot even be seen as ON). The available LED's for this wavelength provide an intermediate pattern of a 40 degree horizontal angle, and maximum 60 m range.

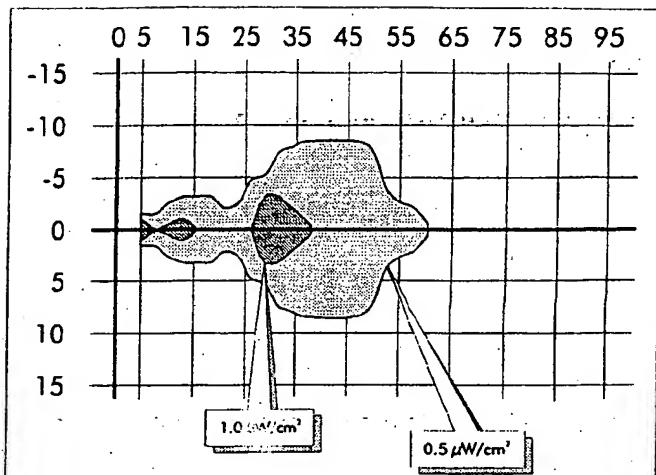


Figure 7 - Illumination footprint for StarLED 200 (inv)  
aim point 60 m from illuminator

#### APPLICATION CONSIDERATIONS

An important consideration for CCTV lighting to make an IR installation successful is the choice of cameras and lens to match the illuminator pattern, site needs and FOV. This is essential to convert the invisible to the clearly visible, use of camera to *see* in a covertly illuminated FOV.

To achieve the range performance of the above footprints similarly for the camera to provide video at an illumination of  $0.5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  it would need to provide usable video with 0.01 lux faceplate illumination, with a minimum 30 per cent relative response at the LED wavelength (880 or 950 nm) and use an f/0.95 lens or better. Although CCD cameras inherently provide a good response into the IR, it is important to check the spectral response curves of the specific camera to ensure it meets these specifications, since some low-light *visible* cameras may have cut-filters to reduce their IR response. The camera should also work well in daylight throughout the scene illumination range.

Since camera and illumination specifications are not standard for IR they can be confusing. Several references<sup>[6 and 7]</sup> for discussion of these issues have been included.

For optimal performance, use of a special IR coated lens should also be considered. These can add a small cost premium but provide the benefit of reduced transmission loss at IR and reduced transmission of visible light. This may reduce the focus shift between visible light (day) and IR light (night) due to variation of refractive index of glass for different wavelengths. This focus shift effect can be minimized if the lens is focused to the scene at night under low light with maximum aperture and minimal depth of field. The increased depth of field in the daytime should compensate for this.

As with normal video, selection of lens focal length is important for matching the camera and field of view with the detection or assessment requirement, and with the illuminator. For example, if it is necessary to identify rather than simply detect, the target should typically be represented by at least 7 TV lines on the video monitor.

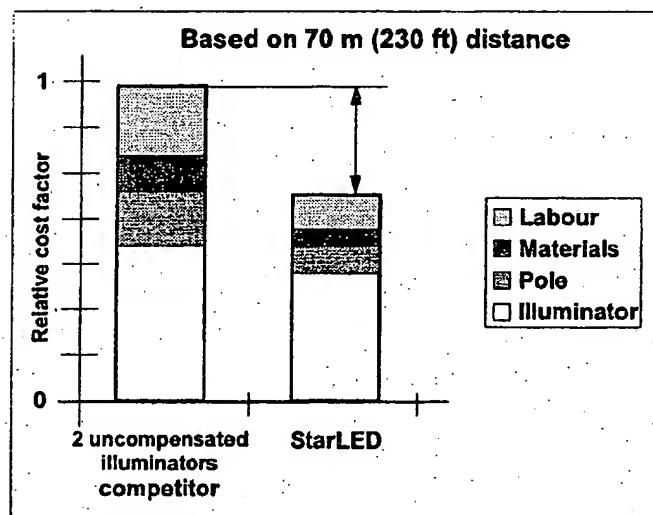


Figure 8 - Illuminator cost comparisons

A poor combination of illuminator and camera can quickly rob the application of some of the advantages of this simple illumination approach. For example, if the combination of illuminator and camera only allows for one-half the range, as with conventional uncompensated illuminators of equivalent power or an inadequate camera, the cost for auxiliaries - additional mounting poles, cameras, enclosures, wiring and labour - will double the overall installation cost. As illustrated in Figure 8, this can counteract any perceived benefits in reduced costs of individual components. Life-cycle or operating support cost differences will also increase with additional equipment.

#### INTEGRATED PRODUCT - STARCAM

Another new product line is now available as an integrated long-range illuminator/camera combination, or outdoor no-light 24-hour camera, see Figure 9. This is the StarCAM (Patent pending) which combines a low-light camera with an illuminator compactly in a package almost identical to the StarLED. StarCAM models include spot and flood versions for long range or wide angle applications. A sun hood is included to reduce environmental effects. The benefits to this integrated approach are as follows:

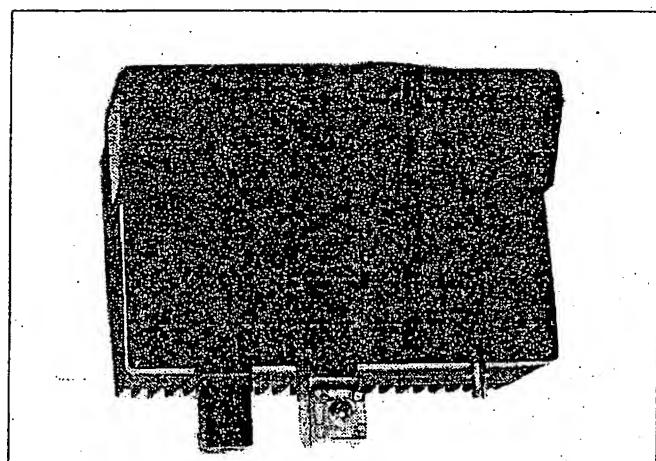


Figure 9 - StarCAM

- illuminator compensated for uniform profile with range as with StarLED
- camera and lens are prematched to the illuminator footprint - no need to assess camera and lens specifications or test for compatibility
- camera prefocused and aligned with illuminator - no need to open unit for set-up or individual aiming at night
- both LED and CCD components have similar matched long life - minimal service
- integral controlled heater to prevent faceplate fogging - illuminator provides additional heat
- common housing and mount and point for wiring and video signal

These advantages trade off with the flexibility to select specific cameras and serviceability of unit and lens with the illuminator, or to adjust relative positioning. For instance, there is typically some performance degradation under extreme environmental conditions with cameras with co-located illuminators since there is near-field illumination of rain or snowfall close to the camera.

This modular combination is an attractive option where one wants a package that looks neither like a camera nor a light source. It does not require the skills and labour needed for selection, matching and wiring of multiple components. The choice of illuminator depends on the application. If a site has existing cameras or needs to mix lighting types, a separate combination may be preferable. Separate systems may also be the preferred choice if extreme environmental conditions demand cameras with wipers or other features.

#### ILLUSTRATIVE IR IMAGES

The accompanying presentation is intended to make use of a videotape since a picture is certainly worth a thousand words in this video and lighting technology. The following photos taken from a video recording show some media transfer degradation from the live image, but serve to give an idea of what an IR scene is like. Figures 10 and 11 show an intruder on a clear grassy area at ranges of 30 and 60 meters using the combination of a StarLED 200 (spot) and a separate Ikegami ICD42A camera and 18 mm and f/1.4 lens. Note that the illuminator is aimed to point about 1 m above the ground at a range of 40 m. Figure 12 shows the same 30 m range with a StarCAM (spot).

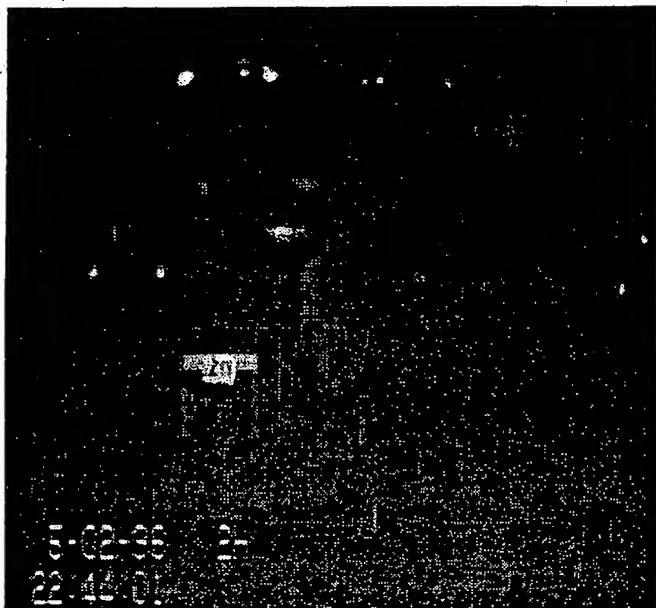


Figure 10 - StarLED 200 (spot) at 30 m range

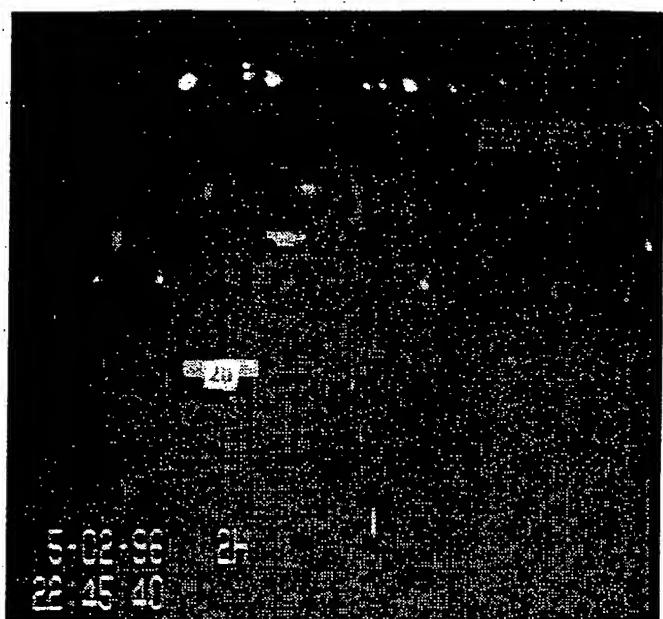


Figure 11 - StarLED 200 (spot) at 60 m range

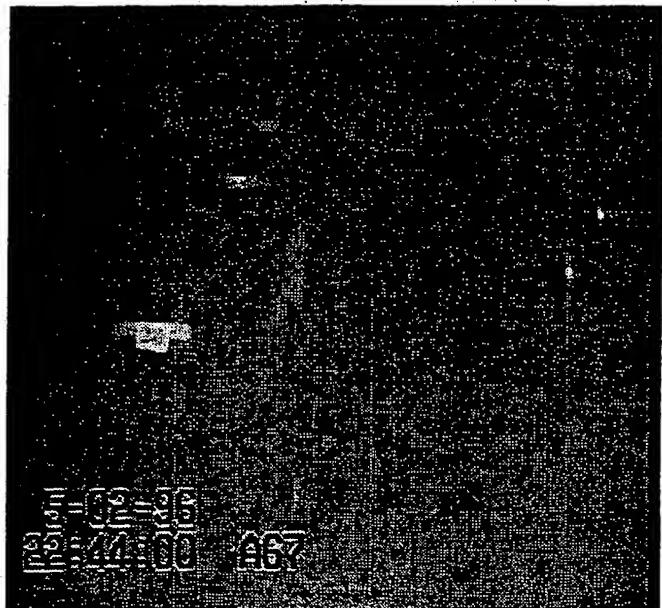


Figure 12 - StarCAM (spot) at 30 m range

## GENERAL APPLICATIONS

The above new components can be combined to suit a variety of potential site applications. This includes long-range perimeter assessment, area illumination, or fill-in needs. Figure 13 shows how multiple units can be arranged to assess even longer zones, for perimeter assessment rather than identification, using a longer focal length lens. Conversely, wider FOVs for local close in areas can also be achieved, as in Figure 14.

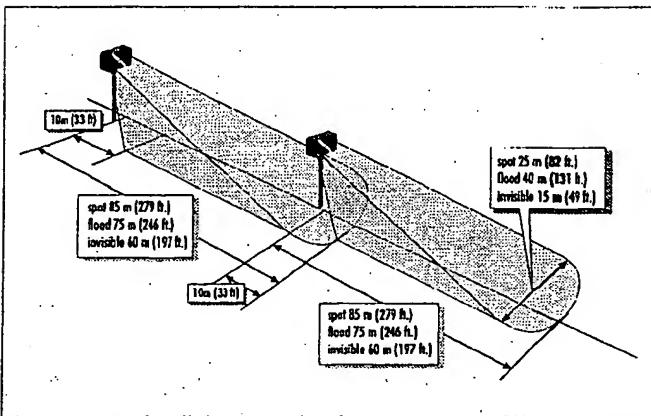


Figure 13 - Multiple units used to create a longer FOV

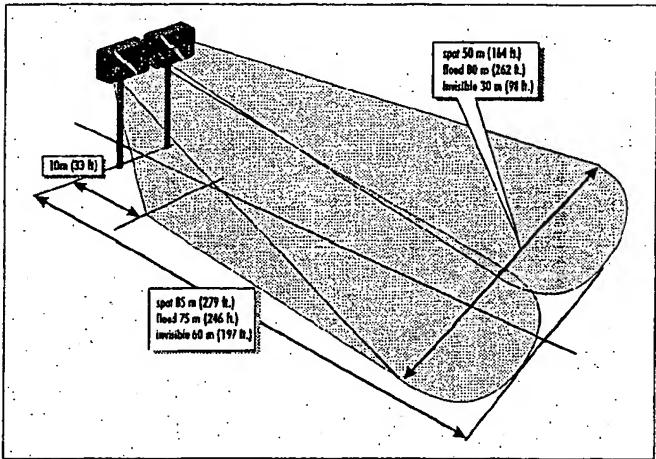


Figure 14 - Multiple units used to create a wider FOV

Some applications where these products might be found preferable include secure perimeters or industrial areas adjacent to residential areas where excessive visible lighting will disturb the public, airports where glare is to be avoided, or vehicle handling facilities where driver identification is required. Indoor use is also possible such as in large areas such as theaters or amusement areas, or in hospital wards when the lights must be out. The covert nature may not increase the deterrent to intrusion but then

again visible illumination deters intrusion except in poorly lit areas (gaps). The covert nature does, however, deprive the intruder of the knowledge of the assessment system. Mobile covert uses would rely on the compact StarCAM combination and its quick and simple set-up.

## CONCLUSIONS

The above paper illustrates an exciting advancement in illumination for security video surveillance and assessment. Hardware is relatively simple to install and compact resulting in reduced installation and life-cycle support requirements. The technology provides economical long-term, unobtrusive, reliable solutions to a variety of CCTV applications in a simple and compact package.

## REFERENCES

- [1] Synergism in Outdoor Video Illumination, Intrusion Detection and Assessment, M.C. Maki, 1994 International Carnahan Conference, pp. 34-38.
- [2] Covert Illumination, Detection, and Assessment for Perimeter Security and Surveillance, M.C. Maki, S.Scherbarth, Proceedings of 1995 American Defense Preparedness Association Security Technology Symposium, pp. 361-368
- [3] A New Concept in Covert Infrared Illumination Technology for Outdoor Surveillance, R. Clifton, ISC Expo, Las Vegas, March 12-14 1996.
- [4] Are Infra Red Illuminators Eye Safe?, H. Devereux, 1995 International Carnahan Conference, pp. 480-481.
- [5] Patent: DB Pat. No. 4100654.
- [6] Infrared Illumination, M. Constant, Parts 1 and 2, CCTV Today, November 1995, Vol. 2, No. 6, pp. 12-16, and January 1996, Vol. 3, No. 1, pp. 10-13
- [7] Infra Red Lighting. Heuristic or Logical Design, H. Devereux, 1994 International Carnahan Conference, pp. 108-111.